

水利工程施工安全生产双重预防机制建设探析

封浪

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南郑州 450001

DOI:10.12238/ems.v7i12.16388

[摘 要] 水利工程施工环节具有作业环境复杂、工序交叉密集、风险因素多元化等特征，这就对水利施工安全管理提出严格要求。通过构建安全生产双重预防机制，能够有效化解水利施工中的安全风险“源头防控、过程严管、后果严惩”的安全管理闭环。本文围绕水利工程施工，安全管理深入分析双重预防机制的构建思路、实施策略及保障措施，提出基于 BIM+GIS 的风险辨识与分级方法和依托物联网的隐患动态排查路径，并从组织、技术和制度三方面形成机制的实施保障体系。

[关键词] 水利工程施工；双重预防机制；风险分级管控；隐患排查治理；智慧安全管理

引言

传统安全管理模式多采用事后管理措施，难以适应复杂环境下的工程风险预判需求，而双重预防机制则将风险管控前置置于隐患治理，通过精准识别风险、科学分级管控、动态排查隐患，实现水利工程安全风险主动防控^[1]。同时随着物联网、大数据、人工智能等技术不断发展，为安全生产双重预防机制的现代化转化和落地提供了更多技术支撑。因此，做好安全生产双重预防机制的构建对于水利工程的高效安全实施具有积极促进作用。

1水利工程施工安全生产双重预防机制的构建思路

1.1 总体目标

针对水利施工的流动性、露天作业特性及涉水作业风险，在安全生产双重预防机制构建时需要围绕以下几点形成构建目标：一是通过风险管控实现对地质灾害、机械伤害、溺水坠落等各类风险的全面辨识与分级管控，确保风险等级清晰、管控责任明确；二是通过隐患治理建立动态排查与闭环处置

机制，实现隐患从发现、上报、整改到销号的全流程可追溯^[2]；三是通过风险与隐患的双重管控，将安全事故发生率降至最低，坚决防范重特大生产安全事故发生。

1.2 核心逻辑

双重预防机制的运行需要按照“风险—隐患—事故”的逻辑链条，三者呈现递进关系：风险是潜在的安全威胁，隐患是风险未得到有效管控而形成的显性问题，而事故则是隐患未及时治疗导致的最终结果。水利工程施工中存在地质条件突变、特种设备老化、作业人员违规操作等初始风险，若未及时识别与管控，极易转化为脚手架失稳、隧洞塌方、触电等具体隐患，最终引发安全事故。基于这一逻辑，双重预防机制的构建需确立“风险优先”原则，将管理重心前移至风险辨识与管控环节，从源头减少隐患产生；同时按照“管控先于治理”的原则通过科学的风险管控措施降低隐患形成概率，再利用隐患治理消除已存在的安全漏洞。具体逻辑如图 1 所示。

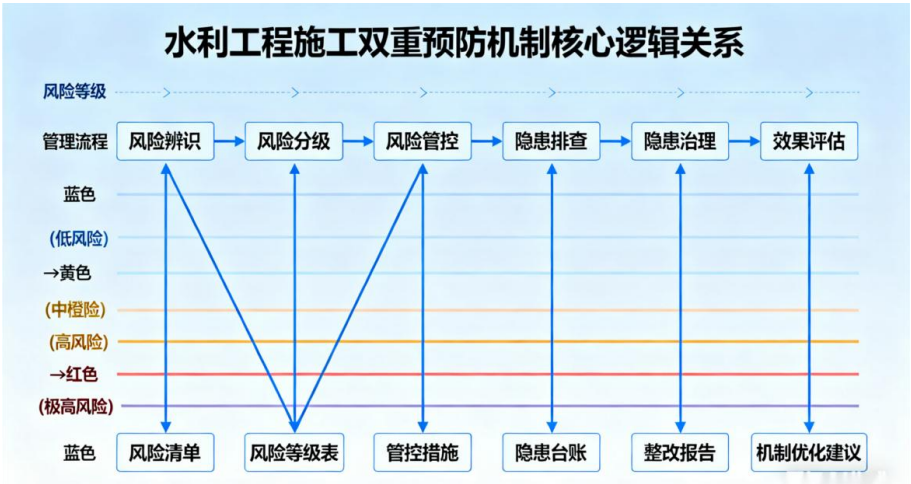


图 1 水利工程施工双重预防机制的核心逻辑关系

1.3 构建原则

水利工程施工的特殊性决定了双重预防机制构建需遵循四项核心原则：

（1）系统性原则：水利工程施工涉及勘察、设计、施工、监理等多个主体，涵盖基础处理、主体浇筑、设备安装等数十道工序，机制构建需覆盖“人员、设备、环境、管理”全

要素，统筹各参与方职责，形成协同管控体系。

（2）精准性原则：不同水利工程的风险特征存在显著差异，如水库工程以堤坝防渗风险为主，引水工程以隧洞开挖风险为核心，机制构建需结合工程类型、地域环境、施工阶段精准识别风险，避免“一刀切”式管理。

（3）动态性原则：水利工程施工周期长，施工环境随季节、工序变化而动态调整，如汛期施工面临洪水风险，冬季施工面临冰冻风险，机制需具备动态更新能力，及时响应风险与隐患的变化。

（4）技术赋能原则：依托智慧安全管理技术，将 BIM、物联网、AI 等先进手段融入风险辨识、隐患排查等环节，提升管理的智能化与高效性，解决传统管理中“信息滞后、排查不全面”等问题。

2水利工程施工安全生产双重预防机制的构建策略

2.1 风险分级管控体系

风险分级管控是双重预防机制的基础环节，其核心是通过规范的辨识方法、科学的分级标准、精准的管控措施，实现对风险的有效管控。

2.1.1 依托数字技术实现风险辨识

风险辨识的全面性与准确性直接决定管控效果。传统辨识方法多依赖人工经验，易出现遗漏与误判，而智慧技术的应用显著提升了辨识效能。水利工程施工中，风险辨识可采

用“BIM+GIS+人工核查”的融合模式：利用 BIM 技术构建三维施工模型，模拟基础开挖、混凝土浇筑等关键工序，识别工序交叉中的碰撞风险与安全盲区^[3]；借助 GIS 技术叠加地形、地质、水文等数据，分析边坡失稳、基坑积水等环境风险；结合施工人员现场核查，补充识别违规操作、安全防护缺失等人为风险。同时，辨识工作需按施工阶段动态开展，如施工准备阶段重点辨识场地布置与设备进场风险，主体施工阶段重点辨识工序交叉与特种设备风险，竣工验收阶段重点辨识设备调试与拆除作业风险。

2.1.2 量化风险评估与分级标准

风险评估是对辨识出的风险进行可能性与后果严重性的量化分析，为分级管控提供依据。水利工程施工风险评估可采用 LEC 评价法（危险性评价法），结合行业特性调整指标权重：

（1）L（发生可能性）考虑水利工程施工环境的复杂性，如汛期涉水作业的可能性系数高于常规作业；（2）E（暴露频率）结合作业人员接触风险的时长与频次，如隧洞作业人员的暴露频率高于地面作业；（3）C（后果严重性）重点考量人员伤亡、经济损失与环境影响，如堤坝溃口风险的后果严重性等级为最高级。基于评估结果将风险划分为“红、橙、黄、蓝”四个等级，明确各级风险的管控责任与处置要求（见表 1）。分级结果需在施工现场醒目位置公示，标注风险点位置、等级、管控责任人及应急措施，确保作业人员清晰掌握风险信息。

表 1 水利工程施工主要风险分级表

风险等级	评估标准 (LEC 分值)	风险类型示例	管控责任主体	管控要求
红色（极高风险）	>320	大坝基坑坍塌、隧洞突水水泥、大型起重机倾覆	施工企业总部+项目法人	立即停工，制定专项管控方案，每日监测风险变化
橙色（高风险）	160-320	高边坡开挖失稳、脚手架坍塌、触电事故	项目部管理层	限期整改，每周开展风险评估，配备专职安全员现场管控
黄色（中风险）	70-160	模板支撑变形、小型机械伤害、人员高处坠落	施工班组负责人	制定整改计划，每日巡查，记录风险变化
蓝色（低风险）	<70	工具损坏、轻微违规操作、临时用电不规范	作业人员+兼职安全员	现场立即整改，定期自查，做好记录

2.1.3 分级施策，全面落实风险管控

风险管控需结合分级结果采取差异化措施，形成“企业—项目部—班组”三级管控体系，同时融入技术手段提升管控效能。对于红色极高风险，需采用“技术防控+应急准备”双重措施；对于橙色高风险，实施“设备升级+专人管控”策略；对于黄色中风险，通过“流程规范+定期检查”落实管控；对于蓝色低风险，依托“人员培训+自主管控”实现防控。与此同时，基于智慧管控平台能够整合 BIM 模型、物联网监测数据与风险数据库，实时显示各风险点的等级、位置与管控状态，当风险等级超过预警阈值时自动推送信息给相关责任

人，快速完成风险的预警和响应。

2.2 隐患排查治理体系

隐患排查治理是双重预防机制的关键环节，其核心是通过常态化排查与全流程治理，尽可能降低施工期间的风险转化率。

2.2.1 “人机协同”构建动态隐患排查机制

隐患的隐蔽性与动态性决定了排查工作需结合人工与技术手段，实现“全方位、无死角、常态化”。水利工程施工中，隐患排查可分为三类：

（1）日常排查：由班组安全员每日开展，重点检查作业

人员防护用品佩戴、临时用电规范、设备运行状态等基础隐患,采用移动巡检 APP 实时上传排查结果,确保信息及时同步。

(2) 专项排查: 针对高风险环节与特殊时段开展, 如汛期前排查防洪设施、冬季前排查防冻措施、节假日后排查设备复工状态, 由项目部安全管理部门牵头组织, 邀请监理单位参与核查。

(3) 技术排查: 依托智能设备实现隐蔽隐患识别, 如采用无人机航拍排查堤坝边坡裂缝, 利用 AI 视频监控系统识别人员未戴安全帽、违规跨越防护栏等行为, 通过传感器监测深基坑沉降、脚手架应力等数据, 自动发现结构安全隐患。

排查内容需参照, 聚焦“人机环管”四个维度: 人员隐患包括无证上岗、违规操作、安全意识薄弱等; 设备隐患包括特种设备未年检、安全装置失效、老化锈蚀等; 环境隐患包括暴雨、高温、地质灾害等恶劣条件; 管理隐患包括安全制度未落实、培训记录缺失、应急预案不完善等^[4]。

2.2 落实全流程, 闭环隐患治理机制

隐患治理的核心是实现“发现—上报—整改—销号”的全流程闭环管理, 避免“查而不改、改而不彻”的问题。水利工程施工中, 闭环治理流程通过智慧安全管理平台实现高效运转:

(1) 隐患上报: 排查人员通过 APP 上传隐患信息, 标注隐患位置、类型、等级, 附带图片或视频证据, 平台自动生成隐患编号与整改时限。

(2) 任务分派: 平台根据隐患等级与类型, 自动分派给对应责任主体, 如设备隐患分派给设备管理部门, 人员隐患分派给班组负责人。

(3) 整改实施: 责任主体按照整改方案开展处置工作, 需上传整改过程照片与相关记录, 对于重大隐患, 需暂停相关作业直至整改完成。

(4) 验收销号: 整改完成后, 责任主体提交验收申请, 由安全管理部门或监理单位核查, 符合要求则予以销号, 不符合则退回重新整改。在此过程中, 隐患可以按照分级处置的方法, 一般隐患由班组负责当日整改, 重大隐患由项目部挂牌督办, 限期整改并跟踪复查; 同时建立隐患台账, 详细记录隐患信息、整改措施、责任人及验收结果, 为后续风险分析提供数据支撑。

2.2.3 数据赋能加强隐患分析

隐患分析是连接“治理”与“管控”的关键环节, 通过对隐患数据的深度挖掘, 可反推风险管控中的薄弱环节, 实现从“被动整改”到“主动预防”的转变。水利工程施工企业可依托大数据技术, 对隐患台账中的数据进行统计分析, 并形成隐患分析报告, 提出风险管控优化建议, 如针对“违规操作”隐患占比高的问题, 建议增加现场监督

频次与安全培训强度; 针对“地质隐患”反复出现的情况, 建议升级地质探测技术与优化施工方案。以此为基础, 才能够实现隐患治理与风险管控的有机衔接, 推动双重预防机制形成良性循环。

3 水利工程施工安全生产双重预防机制的实施保障措施

为确保安全生产双重预防机制的全面落实, 需要围绕组织、技术和制度构建相应的保障机制。一是组织保障, 建立层级分明的责任体系, 形成“企业总部—项目部—施工班组”三级安全管理组织体系, 明确责任管理权限和管理要求。二是技术保障, 搭建智慧安全管理平台。通过搭建智慧安全管理平台, 能够更好实现风险隐患的可视化数字化管理, 基于 BIM+GIS 模型能够实时存储风险辨识结果与分级信息, 实时显示风险点位置与管控状态, 并支持风险动态更新与预警推送, 形成智能化的安全生产管理体系^[5]。三是制度保障, 完善相关配套管理文件。水利施工企业需要结合工程实际情况制定详细的风险分级管控制度、隐患排查治理制度、安全培训制度和考核奖惩机制, 明确风险辨识和隐患排查等频次方法和参与人员, 并强化人员安全教育培训, 并将双重预防机制落实情况纳入安全生产考核, 对风险管控到位、隐患整改及时的团队与个人予以奖励, 对未履行职责导致风险失控、隐患未整改的予以处罚, 考核结果与绩效薪酬直接挂钩。

结束语

安全生产双重预防机制的建设能够确保水利工程高效安全生产目标的实现。本研究将 BIM、物联网、AI 等先进技术融入安全生产双重预防体系, 形成更加科学先进的安全生产管理机制。但在具体应用过程中, 水利工程施工企业需结合工程类型、地域特征与施工阶段做好机制的差异化调整, 并重视对数字孪生、人工智能等技术的引进和应用, 以推动双重预防机制向“智能化预判、自动化处置”方向进一步发展, 为水利工程施工安全提供更有力的保障。

[参考文献]

- [1] 李开行, 王凯丽. 水利工程施工安全生产双重预防机制建设探析[J]. 山东水利, 2025, (08): 63-65. DOI: 10.16114/j.cnki.sdsl.2025.08.006.
- [2] 许腾飞. 水利工程安全生产标准化建设及管理策略研究[J]. 水上安全, 2025, (15): 123-125. DOI: CNKI: SUN: SSXF.0.2025-15-039.
- [3] 王彩宁. 基于 BIM 技术的水利工程施工动态监管方法研究[J]. 工程技术研究, 2025, 10 (12): 150-152.
- [4] 陈海燕. 水利工程施工安全生产双重预防机制中的问题及建设路径[J]. 数字农业与智能农机, 2024, (10): 69-72.
- [5] 徐伦. 安全生产双重预防机制在水利水电施工上的运用[J]. 云南水力发电, 2024, 40 (S1): 129-131+139.